第 30 卷 第 2 期
1987 年 5 月
昆 虫 学 报
ACTA ENTOMOLOGICA SINICA
Vol. 30, No. 2
May, 1987

几种植食性金龟生殖特征及其在防治上的应用*

罗益镇 林莲欣 孙延杰
（山东省农科院植保所）

摘要 研究了植食性鳃金龟科（Melolonthidae）的 6 个种和丽金龟科（Rutelidae） 2 个种的雌雄内生殖系统构造。雌虫生殖系统具一对卵巢，各有 6 个卵巢小管，但受精囊及附腺的形状在科与科，种与种之间存有明显差异。卵巢发育分为 5 级，可用于预测产卵时期。根据卵巢发育与成虫取食的关系，将 8 种金龟分为不需营养型、补充营养型和完全营养型。比较了不同营养类型与卵巢发育进度和生殖力的关系，从而为分析蛴螬种群数量动态和确定防治对策提供依据。

关键词 金龟 生殖 害虫防治

植食性金龟中的鳃金龟科（Melolonthidae）和丽金龟科（Rutelidae）中许多种类的成虫（金龟）和幼虫（蛴螬）是农、林、果、蔬、药材等的重要害虫。近年来，蛴螬再度猖獗，尤以黄淮海平原、丘陵地的大豆、花生受害最重，造成重大的经济损失。我们研究了金龟生殖及其与成虫取食的关系作为分析蛴螬种群数量动态，预测金龟发生时期及制定防治对策的依据。

一、研究材料与方法

1. 金龟种类 以平原、丘陵地区为害粮、油作物的 8 个优势种作为研究材料，即鳃金龟科的华北大黑鳃金龟 *Holotrichia oblita* (Feldermann)、暗黑鳃金龟 *Holotrichia parallela* Motschulsky、棕色鳃金龟 *Holotrichia titanis* Reitter、黑绒鳃金龟 *Serica orientalis* Motschulsky、黑皱鳃金龟 *Trematodes tenebrioides* (Pallas)、毛黄鳃金龟 *Holotrichia trichophora* (Fairmaire)，丽金龟科的铜绿丽金龟 *Anomala corpulenta* Motschulsky 和黄褐丽金龟 *Anomala exoleta* Faldermann。从田间采回越冬幼虫饲养到化蛹、羽化，获得成虫，其中有 3 种是从田间采回初出土的成虫，饲养作为研究材料。

2. 生殖系统解剖 从雌虫羽化到出土前后，定期解剖雌虫，了解卵巢发育与产卵过程，并记载有关部分形态变化。

3. 生殖力观察 在室内以 12 × 7 × 22 厘米的玻璃缸，内放湿度适宜的壤土（含水量在 12—14%）放入一对雌雄成虫，对有取食习性的金龟则喂其喜食植物，隔日更换新鲜饲料和 3 天查卵一次。记录产卵前期、产卵期与产卵量。

4. 室外系统观测 采用黑光灯诱测或定点定时观测，了解发生时期，记载雌雄数量变

本文于 1985 年 1 月收到。
* 诸诚、海阳、郓城县植保站提供部分测报资料，图 1 由焦杰同志着墨，一并致谢。

化，隔日解剖雌虫20头，观察抱卵进度。田间 7—10 天一次，调查产卵期，与室内结果相验证。

二、生殖系统构造

雌虫生殖系统包括一对卵巢，各有 6 个卵巢小管；受精囊和附腺。卵巢小管为端滋式。卵原区的滋养细胞和卵原细胞不断分化形成卵室，沉积卵黄细胞组成卵巢的生长区。在总输卵管中部一侧有一受精囊，囊体呈棒状（鳃金龟）或细长管状（铜绿丽金龟），囊柄细短，在其基部着生芽状或肾形的受精囊附腺。在中输卵管下部膨大成交配腔，基部侧生一特化的附腺，为第 9 节体壁内陷而成。产卵时，以粘液作一土室，产卵其中，因而附腺特别发达。在铜绿丽金龟或黄褐丽金龟的附腺基部，交配腔的背面有一对指状构造，交配产卵

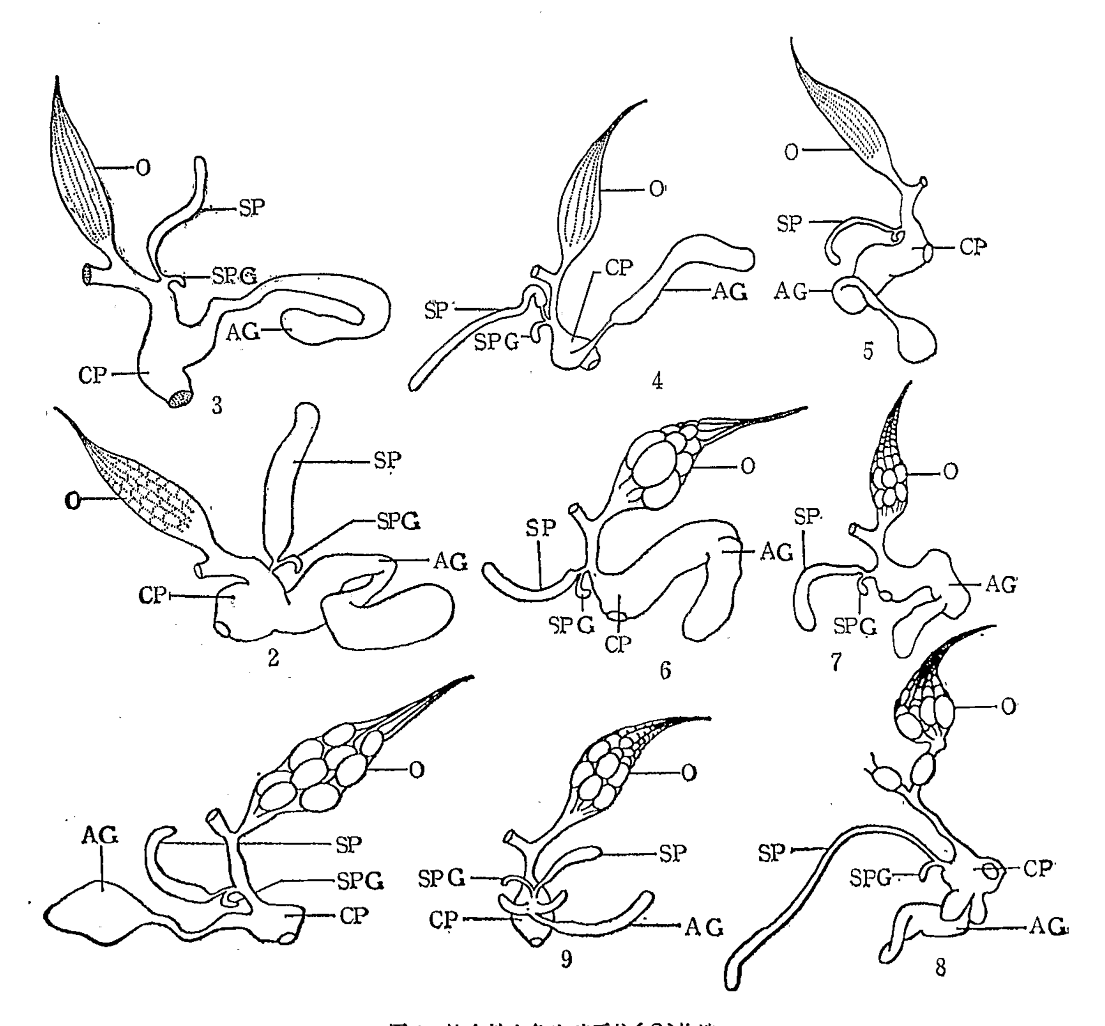


图 1　植食性金龟生殖系统（♀）构造

1. 毛黄鳃金龟（4 级）　2. 棕色鳃金龟（2 级，出土前）　3. 大黑鳃金龟（1 级，出土前）
4. 暗黑鳃金龟（1 级，出土前）　5、6 黑皱鳃金龟（2，4 级）　7. 黑绒鳃金龟（4 级）
8. 铜绿丽金龟（4 级）　9. 黄褐丽金龟（4 级）

O. 卵巢　SP. 受精囊　SPG. 受精囊腺　AG. 附腺　CP. 交配腔

时则膨大。交配腔下联产卵管与肛门相通。8 种植食金龟卵巢小管数目稳定，与 Robertson (1961)和 Crowson (1981) 的资料符合,但受精囊和附腺的形状在科间、种间均表现有明显的差别,具有分类学的意义 (图 1:1—9)。

雄虫内生殖系统包括一对输精管和一对细长的附腺，盘绕成螺旋状。在输精管顶端有 6 个球形精巢,射精管膨大,端部与外生殖器相连 (图 2)。

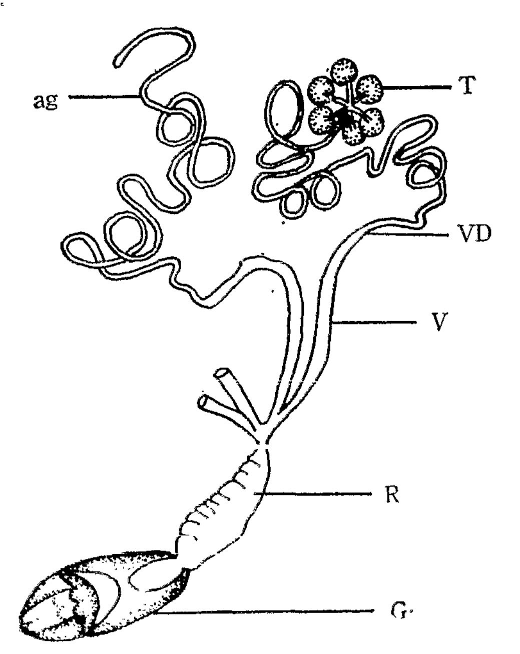


图 2 铜绿丽金龟雄虫内生殖系统
T. 精巢 VD. 输精管 V.储精囊
R. 射精管 G. 外生殖器

三、生殖活动与卵巢发育

金龟在土壤内羽化出土后进入生殖活动阶段；交配、取食都在地面上进行。活动习性，性成熟与产卵时期以及所要求的环境条件皆因种而不同。

1. 交配 以成虫越冬的种类，如大黑、棕色、毛黄、黑绒鳃金龟的交配前期最长，一般都在半年以上。以幼虫越冬的暗黑鳃金龟以及铜绿、黄褐丽金龟化蛹羽化的成虫交配前期较短，一般 1—2 周,雄虫出土时间较早，雌虫出土后立即进行交配。夜出性金龟出土交配时间、趋性各有一定节律，毛黄、棕色鳃金龟在傍晚出土活动，交配后立即潜入土内。地面群体活动的时间短,无取食及趋光习性，毛黄鳃金龟雄虫则有一定趋性；暗黑鳃金龟和铜绿丽金龟夏季夜幕降临后开始出土，寻偶交配时有强烈趋光习性。上树取食(一般在夜间 9 时后),上灯虫数很少,黎明时刻下树潜入土内。暗黑鳃金龟在正常气候条件下有隔日出土习性。金龟皆有多次交配习性，群体性比接近或超过1:1时,正是成虫发生和交配盛期。

2. 取食 成虫期取食是摄取营养物质的重要时期。在所研究的 8 种金龟中，以羽化后出土时体内脂肪体的积累，卵巢发育和取食营养习性，将金龟分为三个营养类型（表 1）：

（1）不需营养型 即成虫期不取食，性成熟以及生命活动所需营养物质全在幼虫期积累,化蛹羽化时已储存于丰盛的脂肪体,卵巢已完全发育。棕色、毛黄鳃金龟、黄褐丽金龟等属于此类型。成虫寿命短,活动力弱。

（2）补充营养型 成虫羽化时体内积累较多脂肪体,卵巢基本完成发育,但成虫需继续取食,以补充所需营养。大黑鳃金龟、铜绿丽金龟属此类型。

（3）完全营养型 成虫羽化时,体内仅有微量脂肪体,卵巢尚未完成发育，卵细胞成熟所需营养全赖成虫期来摄取，因而具有贪食多种植物叶片的习性。暗黑、黑皱、黑绒鳃金龟随着取食营养,卵巢才完成发育,卵细胞也处于连续发育状态,成虫寿命长,产卵期也长。

表 1　不同营养类型金龟出土前后卵巢发育进度比较

营养类型	代表虫种	卵巢发育	卵巢管长 (mm)		附腺长 (mm)	受精囊长 (mm)	脂肪体（羽化时）
			初期	盛期			
不需营养	毛黄	完全发育	7—9	8—10	13.2	7.5	甚多
	棕色	完全发育	12	—	15.0	10.0	甚多
	黄褐	完全发育	6—7	—	4—6	4.0—5.5	甚多
补充营养	大黑	基本发育	7—8	13—17	16—17	8.5—9.0	多
	铜绿	基本发育	5—6	6—7	12—13	15—22	多
完全营养	暗黑	未发育	3.5—4.0	10—12	14—15	13—15	微量
	黑皱	未发育	6—7	9—11	15—16	7.0	微量
	黑绒	未发育	2.5—3.0	5—6	7.0	5.0	微量

3. 卵巢发育分级　综合比较 8 种植食性金龟卵巢发育的系统观测资料，以卵巢小管内卵母细胞发育进度和产卵过程为主要标准，并经防治实践检验，分为以下 5 级(适于三种营养类型金龟)。

一级　卵巢小管短,透明或中下部沉积卵母细胞;

二级　卵巢小管伸长,全管出现卵母细胞,乳白色;

三级　卵巢小管伸长到最大长度,中下部卵已成形可见，或基部有少数卵成熟，受精囊和附腺均膨大;

四级　成熟卵增多,卵巢小管基部出现空隙,输卵管膨大;

五级　卵巢小管下部残留少数成熟卵或全部产出,中上部出现断续卵母细胞,卵巢和受精囊、附腺均萎缩。

以抱卵指数(卵指)表示抱卵进度:

$$\text{抱卵指数(卵指)} = \frac{\sum(\text{级数} \times \text{该级虫数})}{\text{总雌虫数}}$$

卵指 1.0—2.0 为抱卵期，2.1—3.0 为待产期或产卵初期，3.1—4.0 为产卵盛期，> 4.0 为产卵末期。金龟种类和食性不同,卵巢发育进度也有明显差异。

四、生殖期与生殖力

(一) 生殖期　金龟的产卵期,可分为三个时期：从出土交配到开始产卵的历期为产卵前期;从开始产卵到结束(停产期)为产卵期;从停产期到死亡的时间为产卵后期。生殖期的长短主要取决于不同虫种的生物学特性，温度和食物种类也是影响因素。如表 2 资料,不需或无营养型中,早春发生的毛黄、棕色鳃金龟的产卵前期达 23—26 天，而产卵时期则很集中,只有 9.4—16.1 天。夏季发生的黄褐丽金龟产卵前期和产卵期都很短,产卵后很快死亡。补充营养型和完全营养型的金龟,产卵前期约15—20天,而产卵期则都在一个月以上。暗黑鳃金龟在室内适宜条件下,产卵期长达 3 个月,而且有部分成虫停产越冬后,仍具有较强的生殖力,寿命长达 12—16 个月,开始产卵的时期比新成虫早 20 多天,成为田间最早发生的虫源。

（二）生殖力 生殖力一般以雌虫一生产卵量来表示。综合比较 8 种金龟的生殖力，可看出营养因素有着重要的意义。

1. 低生殖力类 不需营养型的几种金龟的生殖力一般较低，平均产卵量 20—30 粒，成虫寿命短，产卵期集中，所需营养主要在幼虫期来积累。因此幼虫的生境条件与成虫的生殖力有一定的关系。棕色鳃金龟在花生—地瓜地种群平均产卵量 39.6 粒，最高可达 64 粒，比苹果园食树根种群的产卵量多 33.3%（表 2）。Row (1951) 研究庭园丽金龟 *Phyllopertha horticola* (L.) 的生殖力有相似的结果。

表 2 不需营养型金龟成虫生殖力

金龟种类	观测 ♀·♂数	产卵前期	产卵期	产卵量（粒/雌虫）		备 注
				范 围	平 均	
毛黄鳃金龟	19	23.0	16.1	14—34	20.4±5.32	
棕色鳃金龟	9	26.4	9.4	11—36	20.4±8.82(a)	果园种群
	13	—	12.1	24—63	39.6±10.36(b)	花生—地瓜地种群
黄褐丽金龟	9	4.4	8.4	15 -47	28.1±9.49	

a, b, $P_{0.01}$ 差异显著

2. 高生殖力类 主要取决于幼虫或成虫的食物种类，取食树叶的金龟有较大的生殖潜力，产卵量在 100—200 粒之间。如补充营养型的大黑鳃金龟在花生—地瓜或大豆—小麦生境内所发育的成虫，饲以不同和相同的饲料，产卵量均有一定的差异(表 3)。

表 3 补充营养型金龟成虫生殖力

金龟种类	生境类型	观测 ♀·♂数	食物种类	产卵期（天）	产卵量（粒/雌虫）	
					范围	平 均
大黑鳃金龟	花生——地瓜	22	花生叶	59.5	89—284	154.9±19.40*
		7	杂 草	48.3	78—194	127.8±14.84*
	大豆——小麦	28	榆 叶	73.5	42—217	135.0±8.44**
		28	杂 草	48.2	40—184	95.0±7.66**
铜绿丽金龟	大豆——小麦	10	加 杨	18.5	19—71	41.2±6.02

* $P_{0.05}$； ** $P_{0.01}$ 差异显著

在完全营养型中，罗益镇(1981)对暗黑鳃金龟生殖特征研究表明，花生——地瓜地和大豆——小麦地种群，尽管幼虫体重、成虫大小有明显差异，但都饲以榆树叶，产卵量分别为 141.9 和 149.2 粒，表明幼虫期营养对成虫生殖力没有明显关系，主要取决于成虫期的食物种类，根据成虫嗜食榆树和加杨树饲养结果表明，以加杨幼树嫩叶，产卵前期 26 天，93 天内平均产卵量 23 粒 (11♀ × ♂)，成树中部老叶平均产卵 56.4 粒 (11♀ × ♂)，而榆树叶的产卵前期 14 天，平均产卵量高达 179.8 粒 (12♀ × ♂)。1983 年对树叶的蛋白

质、淀粉、糖类含量进行了测定，加杨树冠嫩叶依次为 17.09%、11.19% 和 1.68%，成树中部老叶依次为 13.49%、12.82% 和 2.69%；榆树中部老叶为 12.26%、14.2% 和 3.33%。由此可见树种和叶龄的不同，影响了暗黑鳃金龟成虫的生殖力。

黑皱鳃金龟成虫是丘陵地区杂食性害虫，前期(3—4 月)取食杂草、小麦叶，后期（5—6月)则为害花生叶，饲养观测结果(表 4)，成虫取食小麦、玉米叶的产卵量仅为杂草、花生叶的 1/4，而且卵巢发育慢，卵细胞有断裂畸型现象。所以在丘陵花生产区黑皱鳃金龟是一重要害虫，而在平原粮区则很少发生危害。

表 4　黑皱鳃金龟成虫生殖力与食物种类关系（1983 年）

食物种类	观测♀·♂数	产卵前期(天)	产卵期(天)	产卵量（粒/雌虫）	
				范围	平均
杂草	10	18.6	63.1	50—198	117.8[a]
花生叶	8	18.5	47.1	45—160	106.3[a]
小麦玉米	9	21.3	32.2	14—53	27.0[b]

a、b 示 $F_{0.01}$ 差异显著

蔡邦华等(1959)研究了黑绒鳃金龟的生殖力，取食榆树叶的产卵量为 131.3 粒，约为落叶松(46.8 粒)和旱柳(43.4 粒)的 3 倍，为黄柳(18.3 粒)的 7 倍。这些研究资料表明，食叶类金龟有很大的生殖潜力，寄主植物的种类是决定性因素。

五、金龟生殖特征在防治上的应用

（一）确定防治对策　在所研究的 8 种金龟中，成虫趋性、生殖期的长短都因种类而不同。这是制定防治对策的主要依据。从 6 月 20 日开始，上灯初期黄褐、铜绿丽金龟已进入产卵期，7 月上旬，暗黑鳃金龟为产卵初期，两种丽金龟进入产卵盛一末期，室内观测和田间调查结果相一致。因此，对于产卵前期短，抱卵进度快的黄褐、铜绿丽金龟采用灯光诱杀成虫难于收到预期的效果，应加强幼虫期防治；对于取食或不取食而抱卵期较长的暗黑、华北大黑、黑皱、黑绒、棕色鳃金龟等则宜采取成虫与幼虫防治相结合，人工扑杀与化学防治相结合，掌握防治适期，将成虫基本消灭在产卵以前。

（二）预报成虫产卵时期，确定防治适期　在花生、大豆产区，根据灯诱和定点、定时观测资料，从种群性比变化和抱卵进度之间的关系(图 3)可以看出，当性比接近 1:1，交配活动初盛期，雌虫正处于抱卵期，卵指在 1—1.5 之间，再经 8—10 天才进入产卵初期。因此，可直接以性比为指标，当性比接近 1:1 为开始防治成虫的最佳时期。简便易行，在花生、大豆产区应用已取得明显效果。

（三）分析预测种群数量动态　金龟种群的生殖力大小是在一定条件下，分析数量动态，预测发生程度的基础。对于成虫不取食的毛黄、棕色鳃金龟等，成虫活动性弱、寿命短、生殖力低、生态适度窄，因而多系局部点片发生，可根据虫源地的虫口基数，结合发生期内的气候因素，预测发生程度。对于几种具有取食习性的金龟，由于成虫食性杂，活动性强，

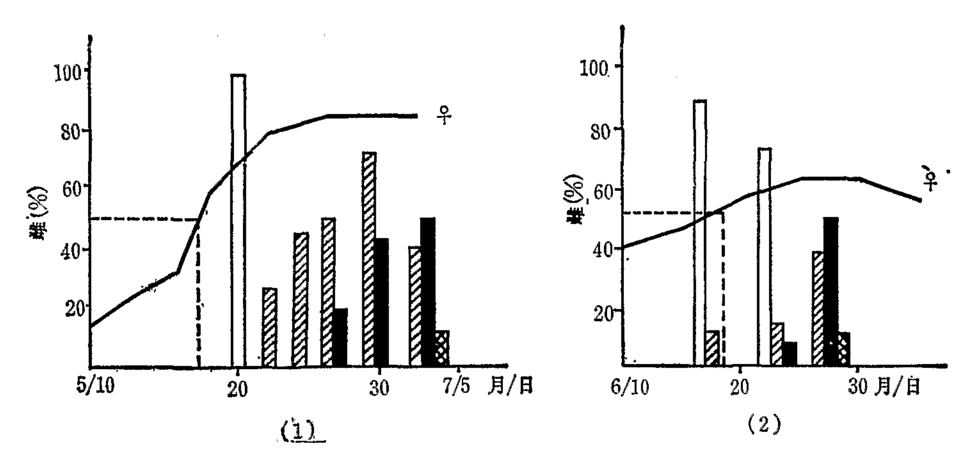


图 3 金龟的发生时期的种群结构与抱卵进度

(1) 大黑鳃金龟(1982,海阳花生区) (2) 暗黑鳃金龟(1982,郓城豆区)

□ 1 级, ▨ 2 级, ■ 3 级, ▩ 4 级

生殖潜力大,生态适度广,种群增长速度快,特别是暗黑、华北大黑鳃金龟在当前仍是黄淮海地区发展粮油作物生产重要的地下害虫,必须加强虫情监测,适时开展防治。

参 考 文 献

黎邦华等 1959 黑绒金龟子初步研究。昆虫学报 **12**(4): 490。

郭郛 1979 昆虫生殖的一些基本特征。昆虫知识 **16**(3): 128-32,(4): 166—71。

罗益镇 1981 暗黑鳃金龟发生规律和防治方法。植物保护学报 **8**(3): 179—85

Crowson, R. A. 1981 The Biology of the Coleoptera. Academic Press Inc. (London) Ltd 107—15。

Robertson, J. G. 1961 Ovariole numbers in Coleoptera. *Cand.* J. *Zool.* **39**:245—63。

Row, F. 1951 The ecology of the garden chafer, *Phyllopertha horticola* (L.) with prelimentary observation on control measures. *Bull. Ent. Res.* **42**:605—46。

VARIATION IN THE REPRODUCTION OF SOME PHYTOPHAGOUS CHAFERS AND ITS BEARING ON PEST CONTROL

Luo Yi-zhen　Lin Lian-xin　Sun Yan-jie

(Institute of Plant Protection, Shandong Academy of Agricultural Sciences)

The reproductive systems of chafers of 8 species belonging to Melolonthidae and Rutelidae are described. The female system consists of paired ovaries each with 6 ovarioles, a spermatheca and an accessory gland open to the base of bursa copulatrix. The male system consists of a pair of six-lobed testes connected to the vasa deferentia. The morphological variation of the systems in different species are noted, especially the spermatheca and accessory glands which may be used as cues in specific classification. Comparison has been made in the ovarian development in the adults after emergence.

Based on the difference in the relation between ovarian development and trophic activities of the adult beetles the 8 species of chafers can be divided into 3 types: 1. the nutritionally indifferent type in which the newly emerged female beetle contans fully developed ovaries, such as *Holotrichia titanis, H. trichophora* and *Anomala exoleta,* 2. the type in which ovarian maturation needs complementary nutrition in the aduls such as *Holotrichia obilita* and *Anomala corpulenta,* and 3. the type in which ovarian development completely depends on adult feeding, such as *Holotrichia parellela, Trematodes tenebrioides* and *Serica orientalis.* The differences among these types are important because they are determinative for fecundity and the longevity of the adult beetles. The fecundities of chafers of the latter two types can be significantly influenced by their food plants; but the nutrition condition in the larval stage is also important.

Our results indicate that the chafers with short preoviposition period and not attracted to light trap should be controlled in the larval stage. The species which depend on adult nutrition for ovarian maturation can be controlled in the adult stage and the suitable time to carry out chemical control can be decided through observing the sex ratio of chafers attracted to light trap and the stage of ovarian development. The species with high reproductive potential such as *H. oblita* and *H. parallela* which are important soil nsects in the crop fields in North China should be monitored more closely.

Key words chafer——reproduction——pest control